

TANULMÁNYOK A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK KÖRÉBŐL

AZ INAEQUÁLIS SEJTOSZTÓDÁS ÚJ FORMÁJA ÉS A PLASMA NAGYMÉRVŰ GRANULÁLÓDÁSA A NAUTOCOCCUS-FÉLÉK KÖRÉBEN

Írta: KISS ISTVÁN

I. Bevezetés

A sejt inaequális osztódásának egy különös, eddig még nem ismertetett formáját és a plasma nagyfokú granulálódását már több esetben észleltem a K o r s i k o v által leírt [7—8] *Nautococcus*-fajok sejtjeinél. Az említett inaequális osztódást aszerint, hogy gömb alakú vagy korongszerű sejteknél következik-e be, *gömbhéjas vagy karéjos osztódásnak* lehet nevezni. Ez a sejtosztódás külső formájában az általam [3] már ismertetett horpadásos fragmentációs osztódáshoz áll legközelebb. Lehetséges, hogy annak csupán egy módosult formájáról van szó. Ennek az *egyenlőtlen osztódásnak az a lényege, hogy a sejtosztódás során a plasma egy része az anyasejt egyik oldalára húzódik, ott karéjszerű tömörülést alkot, s az anyasejt többi plasmájától homorú fallal elválasztódik. Így két egyenlőtlen alakú és méretű utódsejt keletkezik. Az egyik utódsejt gömbhéjszerű vagy karéj alakú — aszerint, hogy az anyasejt gömb alakú vagy korongszerű volt-e — s az osztódás elején az anyasejtben kikülönült plasmaanyagot öröklí. A másik utódsejt az anyasejtnék abból a plasmarészből alakul, amely az említett karéjszerű egyoldalas tömörülésben nem vesz részt, s ennek megfelelően továbbra is nagyjából gömb alakú marad.*

A *Nautococcus* neustonjának egy kis részlete 1700-szoros nagyításban látható az I. tábla 1. mikrofelvételén. A *Nautococcus*nak ez a tömegprodukciója 1953 tavaszán a szegedi Ballagi-sori szikesek egy kis biotopjában lépett fel, s kialakításában a *Nautococcus mamillatus* K o r s. és a *Nautococcus pyriformis* K o r s. szerepelt legjelentősebb mértékben. A kép baloldali alsó részén a *Nautococcus pyriformis* körteszerűen kicsúcsosodó sejtje látható. Alatta kissé jobbra egy fejlett gömb alakú sejt helyezkedik el, amelynél a gömbhéjas osztódás előrehaladott állapota jól felismerhető. A jellegzetes karéj alakba tömörült plasma az anyasejt bal alsó részén már elkülönült, s a gömb alakban maradt többi plasmát majdnem teljesen körülveszi. A mikrofelvétel jobb alsó szélén szintén látható egy hasonló nagyságú sejt, amelynek az alsó felében levő világos folt szintén a gömbhéjas osztódás kezdetét jelzi. Úgy látszik, hogy a gömbhéjképzés vagy karéjképzés lényeg-

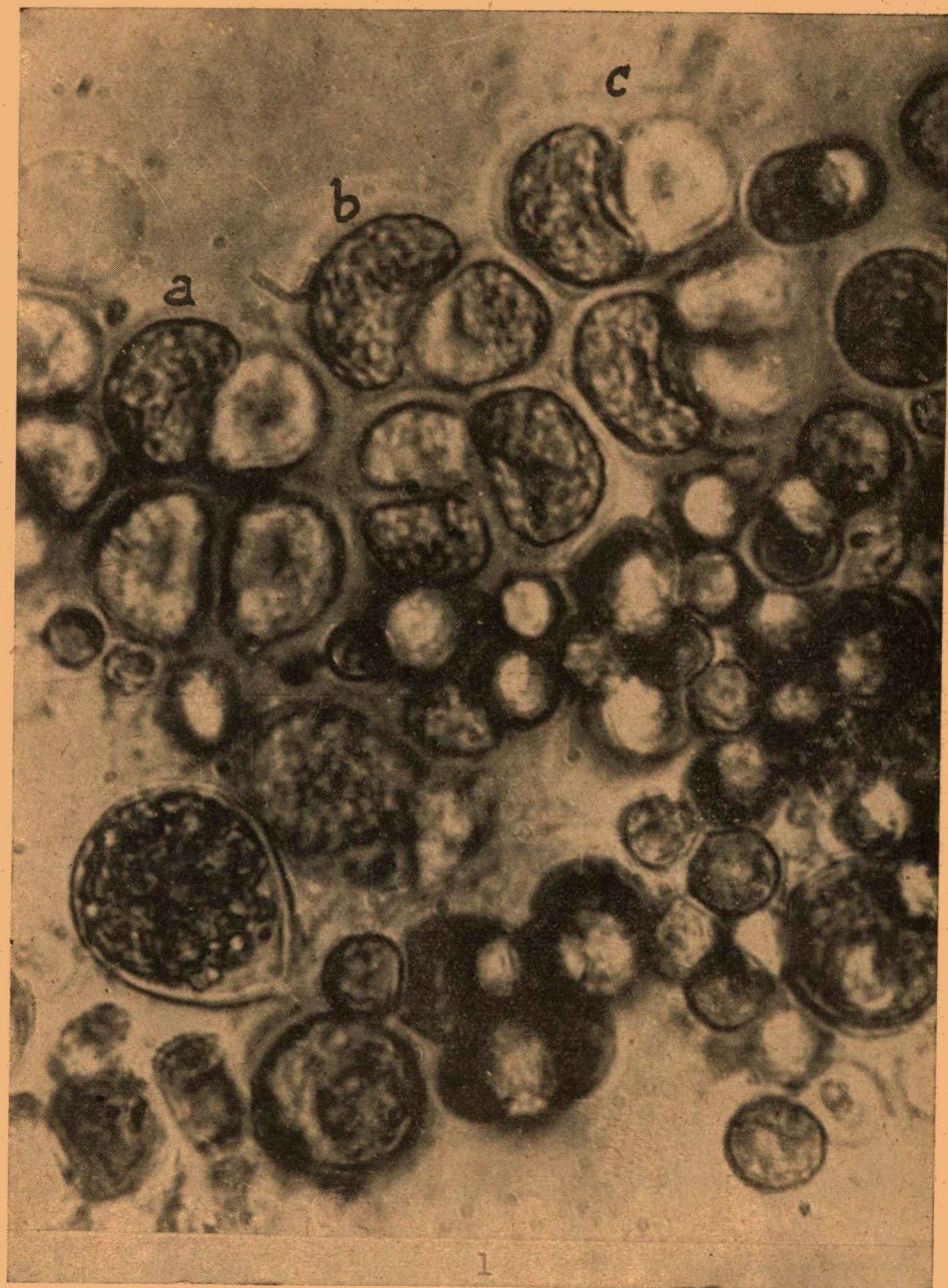
géhez a plasmatest bizonyos mértékű befűződése is hozzátartozik, ami a felületi horpadásban jut leginkább kifejezésre. Ez a felületi horpadás a két előbbi sejtnél is többé-kevésbé észlelhető.

Az ún. horpadásos fragmentációval bekövetkező egyenlőtlen sejtosztódás az 1. sz. mikrofénykép felső szegélyén tetrádosan elhelyezkedő sejtek-nél jól szemlélhető. E vizsgálatok végzésekor arra is törekedtem, hogy a sejtek felületi horpadásban megnyilvánuló befűződését minél testszerűbb fényképen rögzíthessem. A minél testszerűbb mikroszkópi fénykép előállításával más objektumok esetében is foglalkoztam. Számos felvételsorozat kiértékelése azt mutatta, hogy viszonylag testszerű kép akkor adódik, ha a mikroszkóp Abbé-féle kondenzorját a lehetőség szerint lesüllyesztjük, a tükröt oldalt ferdére állítjuk, a diafragmát beszűkítjük, s a kívánt hatás eléréséig esetleg még a mikroszkóp helyét is kissé változtatjuk. Néha meglepődve tapasztaltam, hogy e műveletek szerencsés kombinációja eredményeként a látótér egyes részei, illetve az ott levő objektumok szokatlanul jó hatást mutatnak. Azt is tapasztaltam továbbá, hogy az így mutatkozó testszerűbb képet — pl. a felületi horpadások mértékét és kontúrjait — az ekkor készített mikrofelvétel jobban mutatják, mint a valóságos objektumnak a látótérben való szemlélése. Jelen esetben is a tetrádos sejtek horpadásait és a plazma granuláltságát a mikrofelvétel jobban mutatja, mint az a látótérben látható volt.

Az 1. sz. mikrofelvétel felső részén három tetrád jól szemlélhetően ki-rajzolódik (a, b, c). Az »a« jelzésű tetrád alsó sejtpárja kb. azonos állapotú. Mindkét sejt félkörös korongszerű, közepük kb. egyformán behorpadt, ami az osztódás kezdetének mutatkozott. E tetrád felső sejtpárja azonban nem egyenlő sejtekből áll. A jobboldali sejt a tetrád alsó sejtpárja sejtjeihez hasonló, azaz a párjával szemben levő oldala is domború, s a közepe is már behorpadt. Evvel ellentétben a baloldali sejt szemközti fala homorú, s ezáltal a sejt babszem alakú. E sejtnél a homorú oldal mentén van ugyan horpadás, de ez még az előző horpadásos fragmentációs osztódás alkalmával keletkezhetett. A »b« jelzésű tetrádban hasonló jellegű, de előrehaladottabb osztódási állapot figyelhető meg. A felső sejtpár baloldali sejtje ugyancsak babszem alakú, s az osztódási készségre mutató horpadás ennél is hiányzik. A jobboldali sejt horpadt, azaz osztódásban van. A tetrád alsó sejtpárja ugyancsak egyforma volt, de a baloldali sejt már osztódott. A jobboldali sejt ugyancsak osztódásban van, amit a mély horpadás jelez. Mindenesetre e tetrádban már világosan megmutatkozik, hogy az osztódási képesség szempontjából a négy sejt különböző állapotban van. A »c« jelzésű tetrádban tűnik fel legjobban az utódsejtek különbözősége. Mind a felső, mind az alsó sejtpár baloldali sejtjei babszemalakúak, illetve karéjszerűek. Mindkét karéjos sejtnél látható az újabb horpadás kezdete, vagyis e karéjos sejtek ismét osztódni készülnek. Evvel ellentétben a sejtpárok baloldali sejtjei kerekednek, korongszerűek, s mindkettőnél volt jellegzetes centrális

I. tábla:

1. A *Nautococcus mamillatus* és a *Nautococcus pyriformis* neuston-jellegű vízirágzásának egy részlete. Baloldalon lent a *Nautococcus pyriformis*. 1700 : 1.



horpadás. A jobboldali alsó sejt már horpadásosan osztódott is, mégpedig láthatóan oly módon, hogy a centrális horpadás jobb, illetve bal felé részerűen tovább fokozódott, s így két babszem alakú sejt keletkezett. A *tetrádok sorsa tehát azt mutatja, hogy az egyenlőtlen osztódás révén keletkező kerekded korongszerű sejtek a további osztódásra inkább felkészült állapotban vannak, mint az ívelt babszem alakú vagy karéjszerű sejtek.* Ez utóbbiak az osztódásukkal jelentősen megkésnek. A sejtek granuláltságáról még külön szövegek.

Az 1. sz. mikrofelvétel középső és alsó részén még számos kisebb gömb alakú sejt látható. Ezek a *Nautococcus* már kiszabadult és további fejlődésben levő aplanospórái. Néha ezek is granuláltak. Átmérőjük 4—8 μ . Az aplanospórákon néha már a horpadás kezdetei is mutatkoznak. Ilyen sejt látható pl. a körte alakú sejtől közvetlenül jobbra, vagy a kép jobboldali alsó részén.

A *Nautococcus*-félék a szegedi Fehértó szikes jellegű vizében is előfordultak. A Halgazdaság egyik teleltető tavában 1953. június 7-én volt megfigyelhető egy sárgászöld színű tömegprodukció, amelynek biosestonjában a *Scenedesmus* egyedül álló (monodesmoid) sejtjei, valamint egyéb *Chlorococcales*-jellegű sejtek voltak túlnyomó többségben, többnyire előregedett és széteső állapotban. E tömegprodukcióban a *Nautococcus grandis* K. r. s. sejtjei is felismerhetők voltak. Ezek is erős granuláltságot mutattak, vagy széteső állapotban voltak. E species néhány gömbhéjasan osztódó sejtje is észlelhető volt.

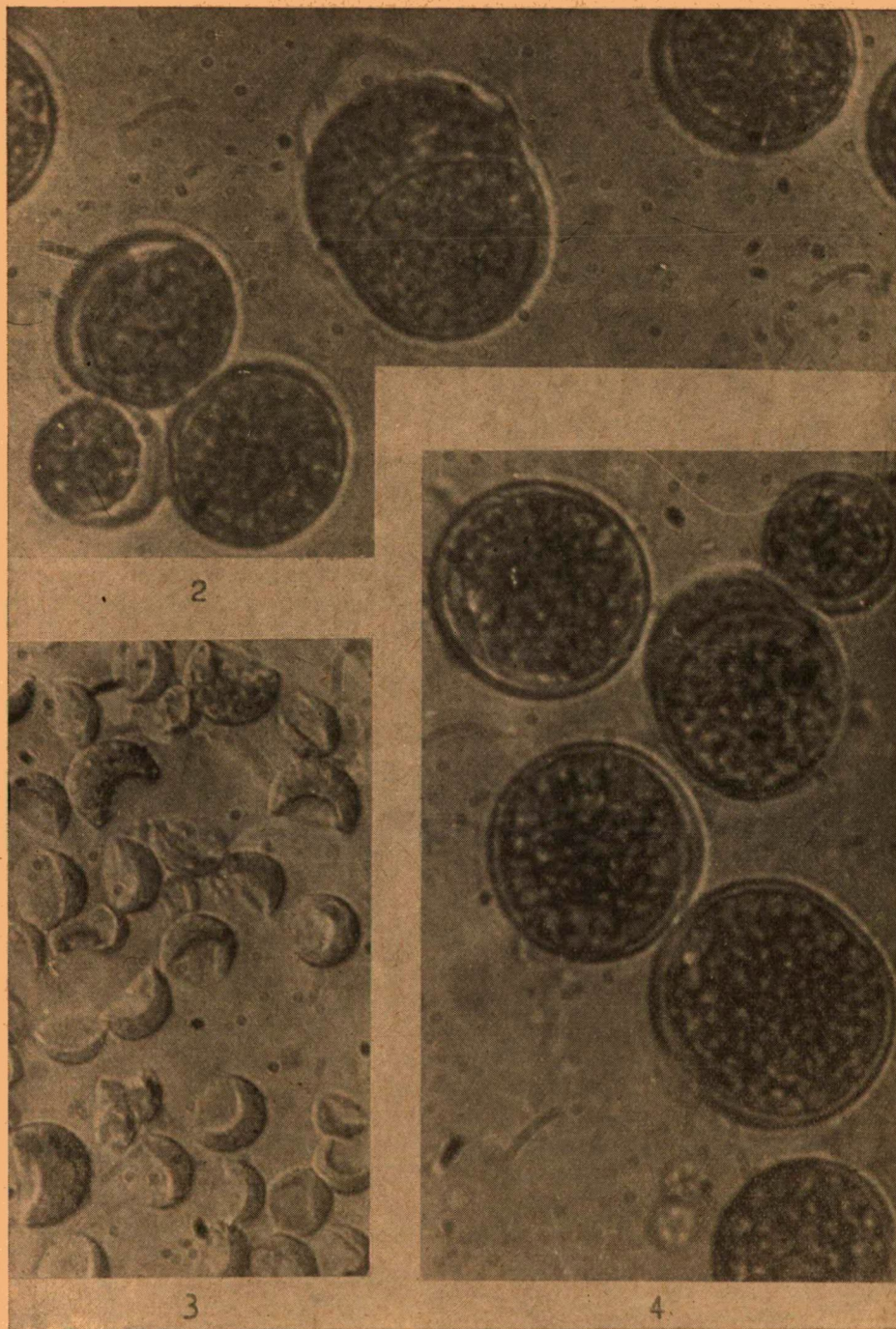
II. A sejtosztódás tápoldatban való vizsgálata

Az időnként talált természetes bioseston anyagából több ízben is tápoldatos tenyészkísérleteket állítottam be. A *Nautococcus* tenyésztésére kétféle tápláló oldatot használtam, éspezdig: 1. 20-szoros hígítású Knop-féle oldatot a termőhelyi víz egyenlő mennyiségével tovább hígítva, 2. híg borsó-kivonatot $\frac{1}{20}$ -os Knop-féle oldattal és termőhelyi vízzel hígítva. Az 1. sz. tápoldathoz néha 0,5—1%-nyi glukózt is adagoltam. Bár a termőhelyi víz mindig jelen volt, a *Nautococcus* csak igen kis mértékben tudott ehhez az új táplálókörnyezethez alkalmazkodni. A szaporodás igen lassú volt, s a sejtek hamar előregedtek és szétestek. Nyomukban a *Chlorococcales*-félék jelentősen elszaporodtak. Ilyen táplálókörülmények között a *Nautococcus* tisztán való tenyésztésére nem gondolhattam.

E sejtosztódás további morfológiai tanulmányozására — szerencsés körülmény folytán — mégis nyílt némi alkalmam. A Ballagi-sori szikes mélye-

II. tábla:

2. A *Nautococcus pyriformis* erősen granulált sejtjei egy. Szeged-környéki vízvirágzásból. Középen gömbhéjas osztódásban levő anyasejt. 1500 : 1.
3. A *Nautococcus pyriformis* karéjos sejtosztódása. Mélyítetlen tárgylemez-kultúra Knop-oldatból és termőhelyi vízből készített tápoldatban. 500 : 1.
4. A *Nautococcus pyriformis* erősen granulált sejtjei Szeged-környéki vízvirágzásból. A középtől kissé feljebb egy anyasejt gömbhéjas osztódása látható. 1500 : 1.



désekben 1953. aug. 26-án egy sötétzöld színű tömegprodukción észleltem, amelyet szinte kizárólagosan a *Nautococcus pyriformis*, a *Natococcus grandis* és a *Nautococcus papillatus* n. sp. alakított ki. A biosestonban csak nagyon ritkán volt található az *Ankistrodesmus falcatus* és a *Trachelomonas volvocina* var. *derephora*. A II. tábla 2. és 4. mikrofelveletei e vízvirágzás planktogén állományáról készültek. A 2. mikrofényképen a középső anyasejt jellegzetes gömbhéjas osztódásban van. A két-utódsejt között már a sejtfal is kialakult. A gömbhéjas sejt felső része kissé ki is kúposodott, amelyről azonban a plasma visszahúzódott, s domború felületén sejthártyát fejlesztett. A kép bal alsó sarkában látható erősen fejlődő aplanospóra is hasonló kitüremkedésben van. A többi sejtnél inkább az látható, hogy a sejtfal egyoldalasan megvastagodik. A 4. mikrofelvételen ugyancsak egy anyasejt gömbhéjas osztódása látható. A felső gömbhéjas sejtet az alsó gömb alakú sejttől viszonylag fejlett sejtfal választja el. E falrészlet vastagabbnak látszik, mint a karéjsejt domború oldalának fala. Úgy tűnik, mintha a domború oldal fala fiatalabb lenne a homorú oldal falánál, ami viszont azt a gondolatot ébreszti, mintha a karéjsejt az anyasejt plasmájának kitüremkedése útján jött volna létre. Ezt azonban nem tudtam egy esetben sem kétségtelenül megállapítani.

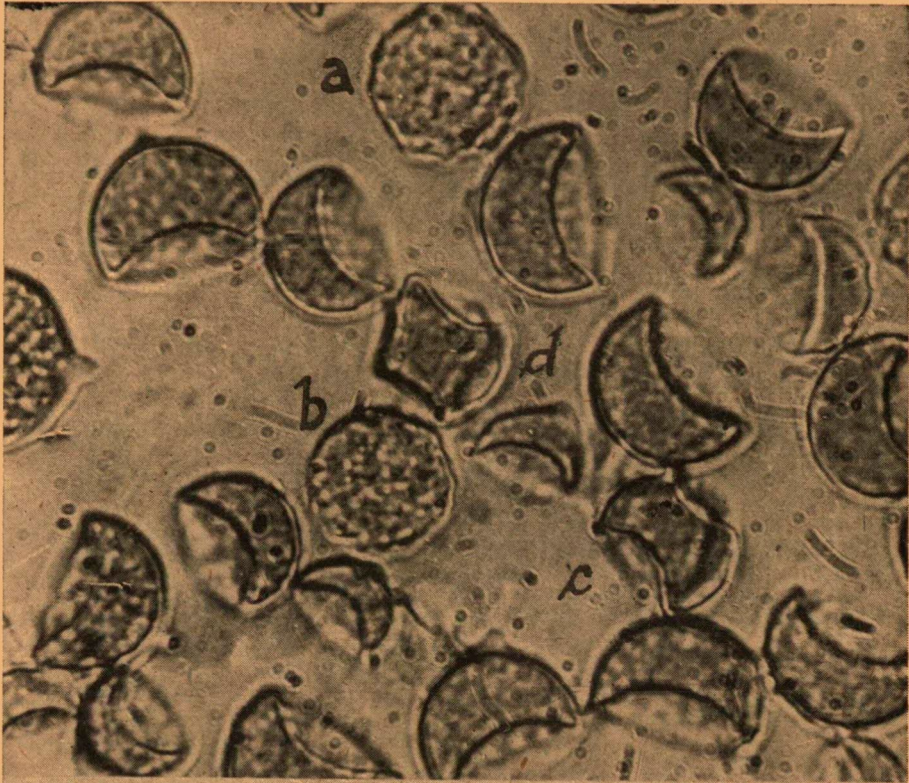
E *Nautococcus*-vízvirágzás biosestonjából kimélyített és mélyítetlen tárgylemezeken kultúra-preparátumokat állítottam be, a már említett táplálófolyadékok felhasználásával. A vízvirágzás anyagából a tápoldatban híg suspensiót készítettem, s ez utóbbiból a tárgylemez mélyedésébe annyit helyeztem, hogy annak közepén a fedőlemezzel való leborítás után egy kis levegőbuborék is maradjon. Sima tárgylemezre csak kis cseppet helyeztem, hogy a folyadékréteg vékony legyen. A fedőlemez szélét parafinnal vagy olajjal zártam körül. A fedőlemezeken beállított kis kultúrákban végbemenő változásokat több héten keresztül figyelemmel lehetett kísérni. Megfigyeléseimről a következőkben számolok be:

1. Knop-oldatos tenyészetek

A Knop-oldatos tenyészetekben az első két napon nem lehetett lényegesebb változást megfigyelni. A harmadik naptól kezdve a sejtek észrevehetően halványodni kezdtek, s mind gyakoribb volt közöttük az osztódási alakok jelentkezése. A mélyítetlen tárgylemezeken beállított preparátum-tenyészetek már az ötödik napon az osztódás általános képét mutatták. A kezdetben gömbalakú sejtek többnyire korongszerűvé lapultak, s a karéjos osztódáson gyorsan keresztülmentek. A II. tábla 3. és a III. tábla 5. mikrofelvelete a mélyítetlen lemeztenyészetben végbemenő jelenségeket mutatja. A 3. mikrofényképen már minden sejt átesett a karéjos osztó-

III. tábla:

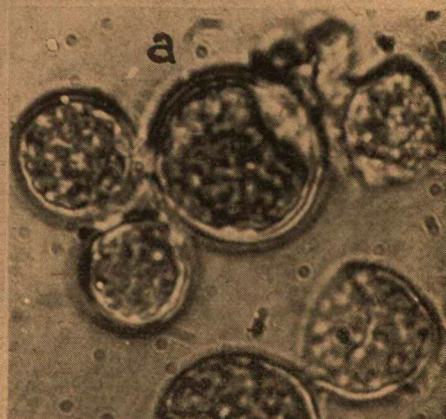
5. A *Nautococcus pyriformis* karéjos sejtosztódása. Mélyítetlen tárgylemezen Knop-oldat + termőhelyi vízben beállított tenyészetből. 500 : 1.
- 6—7. Ugyanazon kultúra mikroszkópi képe kimélyített tárgylemezen beállítva. 6. = 500 : 1; 7. = 1050 : 1.



12



13



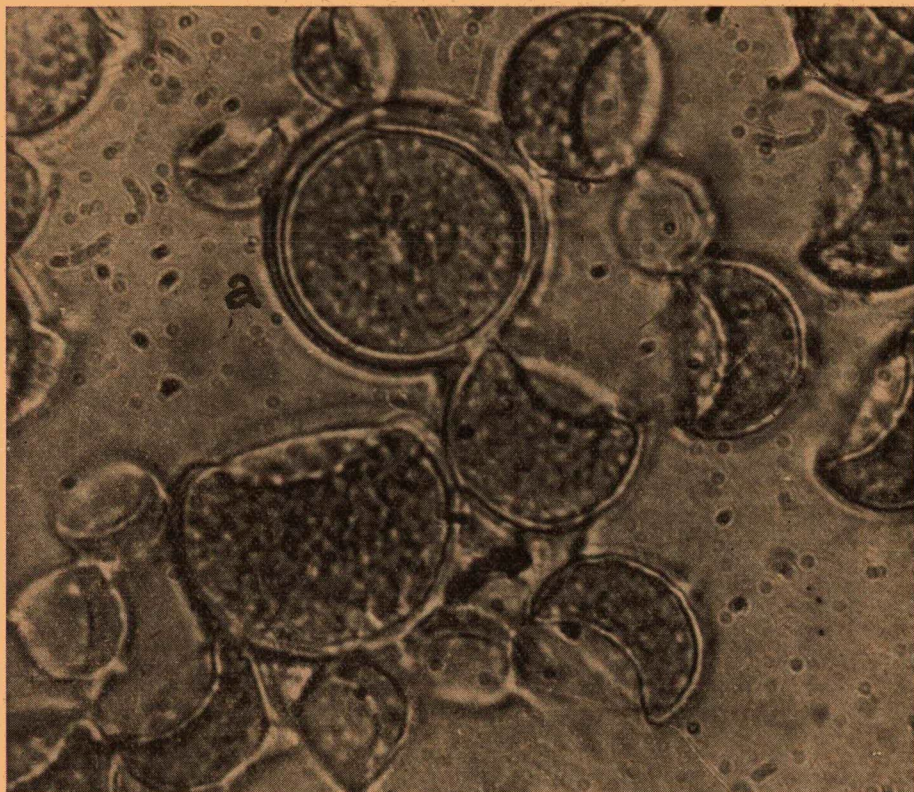
14

dáson. A kép felső részén 3, az alsón 1 nagyobb karéjos sejt látható. Ezek valamivel zömökebbek, mint a többi kisebb karéjos sejt, amelyeknek karcsúsága olykor a sarló alakra emlékeztet (pl. a középtájon baloldalt). A folyamat néha szabálytalan volt. A kép felső jobb sarkában pl. két keskeny, kevésbé ívelt sarlószerű sejt van egymással szemben. Ezek úgy keletkeztek, hogy az anyasejt két oldalára húzódott a plasma. A kép alsó jobboldali részén egy olyan kis anyasejt látható, amelyben a plasma három oldalon tömörül, középen kb. egyenlő oldalú háromszöghöz hasonló plasmamentes részt hagyva szabadon. A III. tábla 5. mikrofelvételén nagyobb tenyésztérben a legkülönbözőbb méretű és állapotú sejtek láthatók. Általában az figyelhető meg, hogy a nagyobb sejtek még gömb alakúak, illetve az osztódáson még vagy nem mentek teljesen keresztül, vagy pedig a plasma peremi tömörülése következett csak be. Pl. a kép felső szélén levő »a« sejt még osztatlanul gömb alakú, plasmája azonban már jórészt a peremi részen három oldalon tömörült. A középtől kissé lejjebb levő »b« sejt hasonló, de valamivel keskenyebb peremi tömörülést mutat. Az »a« sejt alatt levő »c« sejtnél a plasma tömörülése már egyoldalas, de osztódás még itt sem következett be. Úgy látszik, hogy a plasma sarlószerűen tömörült, s az anyasejt felső része plazmaszegényebb, vagy talán higabb plasmájú térére változott. A »d« sejt az előbbihez hasonló állapotú. Az »e« sejt viszont — hasonlóan a II. tábla 3. felvételén a felső jobb sarokban levő objektumhoz — kettős-sarlós osztódásban van. A sejt jobboldalán több, a baloldali részén kevesebb plasma helyezkedik el. Az osztódás még nem ment végbe. A képen látható kisebb méretű sejtek már többnyire átmentek a karéjos osztódáson. Gyakori közöttük a sarlószerűen karcsú sejt. Szabálytalan osztódás itt is észlelhető. Pl. az »e« sejt alatt közvetlenül egy kis aplanospóra-sejt három peremi helyen mutat plasmátömörülést. Az »f« sejt szabálytalan kettős-sarlós osztódási képet mutat. A sejtek, illetve osztódási alakok között volt néhány sötétzöld színű is. Ezek a képen is sötétebbek. Közöttük pl. a »g« sejt már átment a karéjos osztódáson. A »h« sejt ugyancsak karéjsejt, de felső domború oldalán jelentős kicsúcsosodás látható. Olyasféle képet mutatott, mint a II. tábla 2. mikrofelvételén a középső gömbhéjas osztódású sejt felső utódsejtje. Ilyen kicsúcsosodó karéjos sejtek ezekben a tenyészetekben elég ritkán fordultak elő.

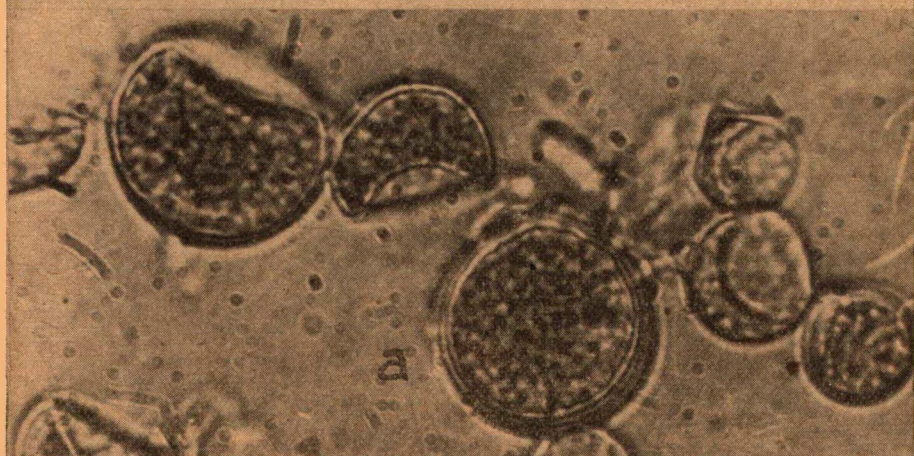
A kimélyített tárgylemezekben beállított tenyészetekben az osztódási folyamatok valamivel lassabban kezdtek megindulni. A sejtek színe egyöntetűen zöld volt — fakulás alig fordult elő — s néha az osztódás az előbbiektől eltérő formákat eredményezett. A III. tábla 6. és 7. mikrofelvételei kimélyített tárgylemezen beállított tenyészetből készültek. Megállapítható volt, s a képeken is látható, hogy itt a sejtek között nem voltak olyan nagy méretbeli különbségek, mint a sima tárgylemezen készített tenyészetek esetében. A 6. mikrofényképen a sejtek mindegyike már karéjos osztódási

IV. tábla.

- 8—9. A *Nautococcus pyriformis* kimélyített tárgylemezen készített kultúrája 2. sz. tápoldatban (borsókvonat + Knop-oldat + termőhelyi víz). Minden sejt plazmája teljes egészében granulált, az »a« jelzésű sejtek vastag falában három erősen fénytörő réteg különböztethető meg. 1400 : 1.



8



9

produktum. A nagyobbak itt is rendszerint zömökebbek; sarlószerűen karcsú csak a kisebbek között található. A középtájon kissé baloldalt egy vastag kifli alakú sejt helyezkedik el, amelynek a vékony sejthártyája éppen leválóban volt. Úgy látszik, hogy a valamikori gömb alakú sejtől egy kisebb rész domború felületen levált, s így jött létre ez az objektum. Tőle balra lent látható egy még nagyobb sejt, amelynek baloldala domború, és itt normális vékony sejthártya is borítja, jobbfelén közepén csúcsos, s e felületen a sejthártya is fejletlenebb állapotban van. Valószínű, hogy ez a sejt egy olyan gömb alakú anyasejtből keletkezett, amelynek jobboldalán fent is és lent is egy-egy kisebb félgömb alakú vagy szilánkszerű sejt vált le.

Végül a 7. mikrofelvétel baloldali felső részén egy anyasejt kettős-sarlós osztódása látszik. Alatta két kifliszerűnek tűnő sejt helyezkedik el, amelyek szinte csalódásig hasonlítanak a *Kirchneriella* sejtjei alakjára. Ez azonban csak látszat. E két sejt homorú oldalának pereme ugyanis nem látható élesen, mivel az optikai sík alatt van, ezért mutatkoznak a sejtek kiflialakúaknak. Az utódsejtek gömbhéjas jellegére a legtöbb esetben jól következtetni lehet. A gömbhéjas sejt homorú oldalának pereme ugyanis kör vagy ellipszis, amelynek az innenső, vagyis az optikai síkban levő része homorú vonalként a képen élesen látható, a túlsó peremi része pedig csupán mint többé-kevésbé domborúan haladó halvány vonal tűnik elő, mivel ez a peremrész már az optikai sík alatt van.

2. A 2. sz. tápoldat (borsó kivonatos és Knop-oldatos termőhelyi víz) kultúráin végzett megfigyelések

A 2. sz. tápoldat tenyészeiben a *Nautococcus*-sejtek növekedése és fejlődése valamivel gyorsabban indult meg, mint az 1. sz. tápoldat kultúráiban. A gömbhéjas osztódás szórványosan már a második napon észlelhető volt mind a kimélyített, mind a sima tárgylemezeken tenészeteinél. E tenészetek vizsgálata során a következő jellemző vonásokat lehetett megállapítani:

a) A sejtek korántsem halványodtak olyan nagy mértékben el, mint az 1. sz. tápoldat esetében. A sejteknek legalább az 50%-a megtartotta eredeti zöld színét, sőt néha előfordultak sötétzöld sejtek is.

b) A sejtek fala valamivel vastagabb. Igen gyakoriak voltak a több-rétegű fallal rendelkező gömb alakú sejtek. Pl. a IV. tábla 8., 9. és a VI. tábla 14. sz. mikrofelvelelein látható »a—a« jelzésű sejteknel a sejtfalban 3—3, erősebben fénytörő réteg különböztethető meg. Jellemző, hogy ilyen több-rétegű fala csak a gömbalakú sejteknek volt, gömbhéjas osztódású sejt-

V. tábla:

10—11. A *Nautococcus pyriformis* gömbhéjas osztódásának különböző osztódási produktumai. Az »a« és »b« jelzésű sejtek domború oldalának fala kicsúcsosodó tömör sejtfalvastagodást fejlesztett. A »c« jelzésű sejtek váncosalkuak, s kétoldali gömbhéjas osztódással keletkeztek. Kimélyített tárgylemezen a 2. sz. tápoldattal beállított kultúrából. 1400 : 1.



10



11

nél nem fordul elő. Szabályos gömbhéjas osztódást csak a vékonyabb falú sejteknél lehetett észlelni. Valószínű tehát, hogy a többrétegű fallal rendelkező sejtek — habár zöld színűek voltak is — a viszonylagos nyugalmi állapotot képviselték. A 14. mikrofelvétel »a« sejtjénél látható ugyan, hogy egy kis rész a sejt jobb felső oldalán szinte kiszakadt, ez azonban nem tekinthető szabályos gömbhéjas osztódásnak.

c) A 2. sz. tápoldatban az anyasejtek túlnyomó többsége megtartotta gömb alakját, így az utódsejtek is többnyire típusosan gömbhéjszerűek lettek. Karéjszerű utódsejt csak igen ritkán fordult elő.

d) Különösen a kimélyített tárgylemezekben tartott tenyészetekben igen gyakoriak voltak a domború oldalukon kicsúcsosodó gömbhéjas sejtek. Az V. tábla 10. és 11. mikrofelveleleinek »a« és »b« jelzésű sejtjeinél jól látható, hogy e csúcsok teljesen tömör sejtfalvastagodások. Csúcsos vastagodás a sima tárgylemezekben tartott kultúrákban is előfordult, csak jóval ritkábban (VI. tábla, 13. kép).

e) A fejlődésben levő gömb alakú sejtek gyakran teljesen levetették a sejtfalat. Az V. tábla 10. fényképén a »c« és a »d«, illetve a VI. tábla 12. mikrofelvételén az »a« és »b« sejtek teljesen csupaszak.

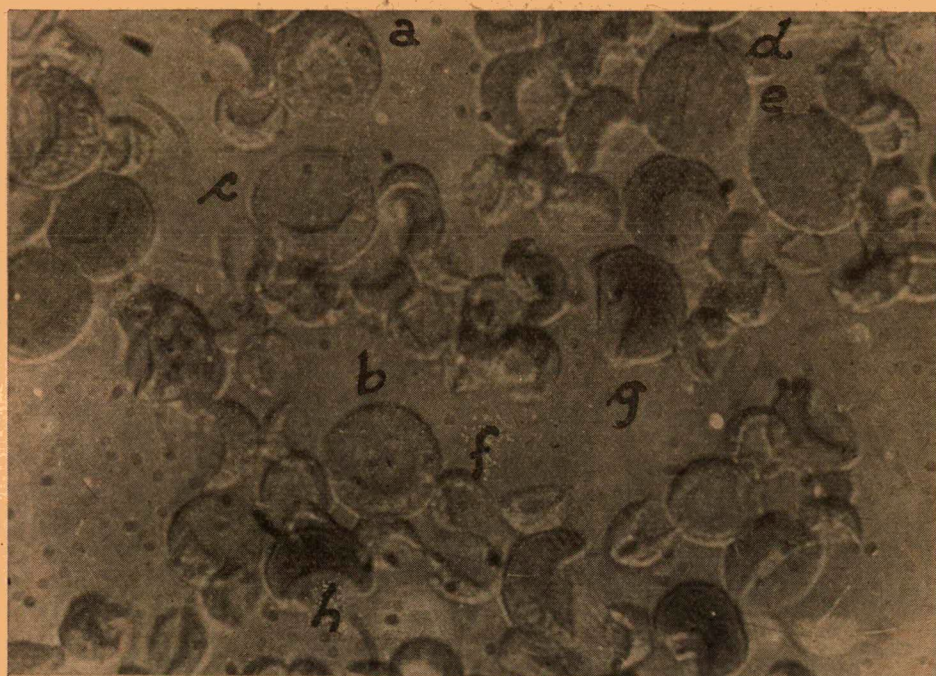
f) A gömbhéjas sejtek vastagsága eltérő. Leggyakoribbak az alacsony sapkaszerű vagy sisak alakú sejtek. Ez esetben is tapasztalható volt, hogy az egész karcsú, sarló alakú osztódási produktumokat csak egészen kis átmérőjű anyasejtek hozták létre. Ezek azonban viszonylag ritkák.

g) Osztódási rendellenességek itt is előfordultak. Viszonylag gyakori volt a kétoldali gömbhéjas osztódás, amelynél a gömbhéjas utódsejt ismét osztódik oly módon, hogy domború oldalrészén leválik egy kisebb sejt, s így az előbbi gömbhéjas sejt váncosalakúvá formálódik. Az V. tábla 10. mikrofelvételén látható »e« jelzésű sejt ilyen módon keletkezett. A viszonylag nagyméretű és gömb alakú anyasejt először az alsó oldalon osztódott, majd az ellenkező oldalon kisebb felülettel. Hasonló jellegű még a 11. képen a »c«, illetve a VI. tábla 12. mikrofelvételén a »c« sejt is. Az előbbi rendellenességnek fokozott formája az az eset, amidőn a gömb alakú anyasejtből nem két, hanem több oldalon is válnak le kisebb osztódási produktumok. Ilyen látható pl. a VI. tábla 12. mikrofelvételén a »d« sejténél. Ennek felületéből legalább 4—5 kisebb osztódási produktum vált ki. A szabálytalan ötszögletű sejt alsó részén a gömbalakú anyasejt falának még egy részlete látható.

Sajátságos, hogy a 2. sz. tápoldat esetében a nagyobb méretű sejtek inkább a kimélyített tárgylemezek tenyészeiteiben, az 1. sz. tápoldatnál viszont a sima tárgylemezek kultúráiban fordultak gyakrabban elő.

VI. tábla:

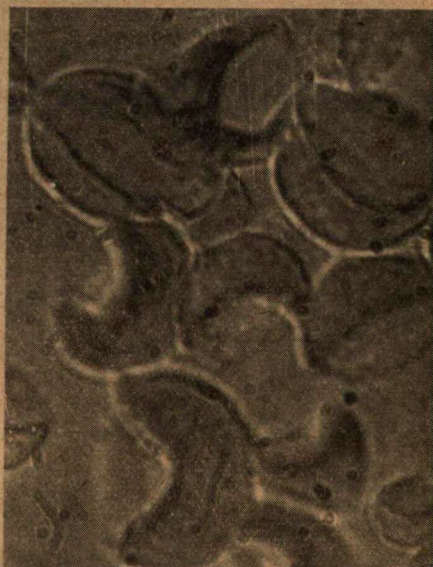
12. A *Nautococcus pyriformis* osztódási rendellenességei. Az »a« és »b« jelzésű sejtek levetették sejtfalukat. A »c« sejt váncosalakú, kétoldali gömbhéjas osztódással keletkezett. A »d« sejt többoldalas osztódás maradványa. A 2. sz. tápoldat mélyítetlen tárgylemezen beállított kultúrájából. 1400 : 1.
13. Kicsúcsosodó tömör sejtfalvastagodású gömbhéjas utódsejt. A 2. sz. tápoldat mélyítetlen tárgylemezen beállított kultúrájából. 1400 : 1.
14. Vastagfalú sejt (három erősen fénytörő réteggel), amelynek felső jobboldali része kiszakadt (»a«). A 2. sz. tápoldat mélyítetlen tárgylemezen beállított tenyészetéből. 1400 : 1.



5



6



7

III. A *Nautococcus* sejtek granulálódásának vizsgálata

Eddigi vizsgálataim során különösen a *Chlorococcales*- és a *Volvocales*-félék körében tapasztaltam, hogy a kifejtett sejtek plasmaanyaga bizonyos idő múlva erősen szemcsézetté válik, míg végül teljes tömegében *granulumokra* különül. A granulumokká való darabolódás leggyakrabban avval a folyamattal jelentkezik, amelyet a tenyészetekkel kapcsolatban »széteséses-pusztulásnak« nevezünk. Ezt a jelenséget korábban összefoglalóan a *hyperfragmentáció* kifejezéssel jelöltem, mivel ez esetben a plasma szétdarabolódása igen magas fokú, illetve meghaladja mind a sejtszétválást, mind a sporulációs széttagolódás mértékét.

A granulálódás jelenségével ez alkalommal azért foglalkozom külön fejezetben, mivel tapasztalataim szerint a hyperfragmentációs feldarabolódásra az összes eddig megvizsgált növényi mikroszervezetek között a *Nautococcus* volt a leghajlamosabb. Szinte azt mondhatom, hogy az általam megvizsgált kifejtett sejtek minden esetben mutatták ezt a jelenséget. Sajnos, a *Nautococcusok* viszonylag csak ritkán fordulnak elő, így a granulálódás vizsgálatára ezt a kiváló objektumot kevésbé tudtam felhasználni. A *Nautococcusok*nak vízvirágzásban való megjelenését eddig nyolc esetben észleltem. Néhány esetben meg lehetett figyelni, hogy a vízvirágzások pusztulása nyomában a széteső sejtek granulumtömegei még bizonyos ideig színezik a vizet. Különösen feltűnő volt ez annak a vízvirágzásnak a nyomában, amely a szegedi Fehértóban 1953. június 7-én jelent meg. A sejtek erősen granuláltak, illetve maga a vízvirágzás is jelentékeny részben a sejtek lebegő granulaiból állott. Ebben a vízvirágzásban a *Nautococcus grandis* és a *Nautococcus papillatus* n. spec. jelentkeztek. A feltűnő granulálódást már az első észlelésnél tapasztaltam, 1934. okt. 9-én az Orosházi tanyák nagy biotopjában. Ez esetben a *Nautococcus pyriformis* mind a vegetatív, mind a rajzó sejtjeinél erős granuláltságot mutatott.

A *Nautococcus*-félék fragmentációs szétesésekor keletkező granulumok mindig legömbölyödött testcskék. Olykor szabályos gömb alakúak. Méretük 1–2 μ között ingadozik. Ritkán az 1 μ -nál kisebb és a 2 μ -nál nagyobb átmérőjű testcskék is előfordultak. Színük zöld, olykor sárgászöld, mely utóbbi már a kezdődő pusztulás jele. A granulumok néha többesével fordulnak elő, a vízben lebegve. Meg lehetett állapítani, hogy ez az előfordulási forma nem utólagos csoportosulás, hanem a testcskék csoportosan kerültek ki az anyasejtekből.

A granulumok fénytörése rendszerint nagyobb, mint az anyasejt plazmájáé volt. Ki lehetett mutatni, hogy a 1,5–2 μ átmérőjű fragmentumok felületét finom hártya borítja. A testcskék klorofilltartalma is jelentős. Maganyagtartalmuk nagyon ingadozóan mutatkozott. Néha még a nagyobbakban sem lehetett a Feulgen reakcióval a DNS nyomát kimutatni, olykor viszont még a kisebbekben is kétségtelen volt a maganyag jelenléte. Maganyagot a részcskék 40%-ában lehetett kimutatni. A színeződés többnyire halvány volt. A nagyobbakban olykor több apró szemecske mutatkozott maganyagtartalmúnak. Az is előfordult, hogy az egész testecske színezett volt, de nem egyenlő mértékben.

Cytológiailag jelentős problémának látszik a granulumok természete és megjelenésük biológiai szerepe. A granulálódás a növényi mikroszervezeteknél kedvezőtlen körülmények között szokott leggyakrabban megjelenni. Különösen ha az anyagcsere termékei kezdenek a környezetben felhalmozódni. Jelentkezik oxigénhiány esetén is. Ebből arra lehet következtetni, hogy a granulálódást előidéző plazmatikus folyamatok jelentkezése egyben a sejt biológiai károsodását is tükrözi, s ugyanakkor alkalmazkodást is jelent, mert a plasma így nagyobb felületen kerülhet kapcsolatba környezetével, ami az életfeltételekként szereplő tényezők asszimilálását megkönnyíti. Mindenesetre úgy látszik, hogy a sejt egészének a reagálásáról van szó, mert ez a széttagolódás nem korlátozódik csupán csak a sejt egyes részeire, organellumaira, hanem a plasma egész tömegében granulálódik. Az idősebb sejtek kivétel nélkül granuláltak, azaz a granulálódás az öregedésnek is kísérő jelensége. Az öregedés egyedül azonban aligha lehet a granulálódás oka, mert — mint az 1. mikrofelvétel tetrádos sejtjeinél is látható — viszonylag fiatal, illetve osztódásra még képes sejtek is teljes egészükben granulálódhatnak. A granulálódást olykor még rajzosejteken is lehet észlelni. Itt inkább arról van szó, hogy a sejt öregedése során mindinkább összegeződnek azok a hatások, amelyek a nagymérvű feldarabolódás mechanizmusát kiváltják. Maga az öregedés és a fejlődés sem fix időhöz kötött, hanem a plasma élettörténete, a környezeti viszonyok változása szerint gyorsabban vagy lassabban következik be. Valószínű, hogy a sejtet osztódás közben is érhetik olyan hatások, amelyek a granulálódást hirtelen váltják ki.

A különálló granulum-testecskékre való széthullás időtartama is különböző. A sejt fejlődésének korábbi fázisában bekövetkező granulálódás rendszerint nem, vagy csak jóval később vezet e részecskékre való széthullásra. Előfordulhat az is, hogy a granulálódni kezdő plasma friss, oxigéndús táplálókörnyezetben tovább nem granulálódik. Pl. az 1. sz. tápláló oldatba (Knop-oldat + termőhelyi víz) helyezett *Nautococcus* sejtek nem granulálódtak tovább, sőt úgy tűnt, hogy korábbi granulációjuk is némileg csökkent. Evvel szemben a 2. sz. tápoldatban (borsó kivonat + Knop-oldat + termőhelyi víz) a granulálódás — ha lassan is — tovább folytatódott. A teljes egészében homogén módon granulálódott plasma még nem képes széthullásra, mert az egyes testecskék még plazmatikus összeköttetésben vannak egymással. Így pl. az V. tábla 10. fényképén már említett »c« és »d«, illetve a VI. tábla 12. mikrofelvételén látható »a« és »b« sejtek csupaszok ugyan, de a granulumhalmazuk továbbra is együtt marad. Úgy látszik, hogy a teljes széthullásig a testecskék még bizonyos plazmatikus változásokon mennek keresztül, amelyek az egymástól való teljes szétkülönülést lehetővé teszik. A szétadarabolódási folyamat azonban nem pusztulás, dezorganizáció, hanem a fragmentációnak egy formája.

E nagyfokú szétadarabolódás plazmatikus produktumai egyazon sejtben többnyire kb. azonos méretűek, de nagyon különbözők is lehetnek. Az I. tábla 1. mikrofelvételének tetrádos sejtjeiben, a II. tábla 2. és 4. képen látható sejtekben és a kultúrákból készített felvételeken is általában, a granulumok kb. egyenlő nagyságúak a sejtekben. Pl. a 4. képen levő sejtekben 1,5—1,7 μ átmérőjűek. De a többi említett sejtben sem találtam 1 μ -nál kisebb és 2 μ -nál nagyobb átmérőjű testecskét. Evvel szemben pl. az 1.

mikrofelvétel baloldali alsó részén látható *Nautococcus pyriformis* egész plazmatömege nagyon eltérő méretű részecskékre darabolódott. Ez a sejt már tulajdonképpen anyasejt-értékű volt, mert benne 5—6 aplanospóra-szerű sejtecskét lehetett megfigyelni. Ez utóbbiak átmérője a 4—5 μ -t is elérte. A 2 μ -nál nagyobb átmérőjű részecskék számát is 6—7-nek találtam. A többi testecske kisebb volt 2 μ -nál. Ennek az anyasejtnek közvetlenül a felső jobb-oldala mellett egy másik hasonló sejt látható, amely a feldarabolódás előrehaladottabb állapotában van. Az alsó részén meg lehetett figyelni a fragmentációs produktumok fokozatos eltávozását. Ennek a granulumai többnyire 2—3 μ átmérőjűek voltak. A különböző nagyságú testecskékre való szétdarabolódást többnyire csak az anyasejt értékű sejtekben lehetett észlelni, amelyekben vagy rajzók, vagy aplanospóra-jellegű sejtek képződtek.

Már említettem, hogy a természetes lelőhelyről begyűjtött *Nautococcus* sejtek folyamatos életbentartása és szaporítása nem sikerült. A fiatalabb sejtek mind a tárgylemeztenyészeteken, mind a próbacsöves tenyészetekben mutattak még osztódási jelenségeket (többnyire típusos gömbhéjas vagy karéjos osztódást), de ezek az osztódási produktumok nem alakultak olyan típusos sejtekké, mint amilyenek a termőhelyen eredetileg képződtek. Ehhez a kultúrázás feltételei nyilván nagyon hiányosak voltak. A kultúrázás során keletkezett gömbhéjas és karéjos sejtek hosszabb-rövidebb idő múlva vagy szétestek, vagy elfakulva pusztultak el. A szétesési termékekkel, a különböző méretű granulumokkal is végeztem tenyésztési kísérleteket. Ezek Knop-oldatos tenyészetekben igen hosszú ideig életben maradtak. Sok függött attól, hogy a granulumok milyen tömegét oltottam át ásványi tápoldatba. Ha erősen hígított suspensiójukat vittem át, úgy a kísérlet rendszerint teljesen eredménytelen maradt. A zöld granulumok az idegen környezetben hamarosan elpusztultak. Ha ellenben nagy tömegű granulumhalmazt, illetve tekintélyes mennyiségű sűrű suspensiót ültettem át, úgy ez leülepedett a tenyészedény aljára, s hosszú ideig, néha egy évnél is tovább megtartotta zöld üledék-jellegét. Ebben az üledékben a részecskék éltek, hiszen barnulás vagy fakulás nem volt észlelhető, nyilván asszimiláltak is; de a tulajdonképpen értelemben vett fejlődés és szaporodás jelenségeit ezeknél nem lehetett megfigyelni. Nagyon sajátos volt azonban az a jelenség, hogy a nagyobb granulumok tovább darabolódtak, »osztódtak«, de ezek a részecskék nem voltak képesek az előbbi méretük újbóli elérésére. A granulumok a tenyészetekben rendszerint folyton kisebb darabokra tagolódtak, míg végül az egész tenyészet fakulni kezdett, és elpusztult. Hasonló jelenségeket más kísérleti objektumokon is tapasztaltam. Az *Euglena viridis*, a *Spirogyra nitida* és egy *Oedogonium*-féleség sejtjeit üveglapok között dörzsölve szétroncsoltam, s nagyobb tömegekben 50-szeres hígítású Knop-oldatba helyeztem. A plastis-roncsok hosszú ideig megtartották zöld színüket, s mindinkább kisebb részekre darabolódtak. Később fokozatosan sárgulni kezdtek, majd hirtelen barnultak és elpusztultak.

IV. Az eredmények összefoglaló megvitatása, következtetések

1. A *Nautococcus* sejtek gömbhéjas vagy karéjos osztódása az inaequalis sejtosztódás egy új formája, amely külsőleg az ún. horpadásos fragmentációhoz áll legközelebb. Lehetséges, hogy annak csupán csak egy módosult formája. Az osztódási produktumok közül az egyik sejt gömbhéjszerű vagy karéjalakú (aszerint, hogy az anyasejt gömbalakú vagy korongalakú volt-e), a másik sejt gömb- vagy korongalakú marad.

2. A gömbhéjképzéshez vagy karéjképzéshez valószínűleg a plazma bizonyos mérvű befűződése is hozzátartozik, ami az anyasejt felületi horpadásában jut leginkább kifejezésre. Ez különösen jól látható a *Nautococcus* sejtek tetrádokban történő osztódásánál. A tetrádokban bekövetkező egyenlőtlen osztódásokból az következtethető, hogy a korongszerű sejtek a további osztódásra inkább felkészült állapotban vannak, mint az osztódás karéjalakú utódsejtjei. A horpadás kezdeti jeleit olykor az aplanospóra-sejteken is észlelni lehetett.

3. A *Nautococcus* tenyésztési kísérletei során az alkalmazott kétféle tápoldat hatásaiban mutatkoztak eltérések. Az 1. sz. tápoldatban (hígított Knop-oldat + termőhelyi víz) a sejtek kissé elhalványodtak és lassabban kezdtek osztódni, mint a 2. sz. tápoldat (borsó kivonat + Knop-oldat + termőhelyi víz) kultúráiban. Az 1. sz. tápoldatban az anyasejtek falai általában vékonyabbak, s a karéj vagy gömbhéjszerű utódsejtek domború oldala sima, a 2. sz. tápoldatban az anyasejtek fala vastagabb, sőt olykor igen vastag, s a karéjszerű utódsejtek domború oldalán gyakran tömör kicsúcsosodások jelentek meg.

4. Az osztódásnak többféle rendellenessége volt. Ilyenek pl. a kettős-sarlós osztódás, a két- vagy többoldali gömbhéjas osztódás, illetve a plazmának az anyasejt három falmenti részén való tömörülése. A tenyészetekben egyes gömbalakú sejtek a még hártyszerű sejtfalukat teljesen levetették.

5. Valószínű, hogy az anyasejtek mérete a növekedés és fejlődés viszonyát befolyásoló feltételektől is jelentősen függött. Talán ez tükröződik abban a jelenségben, hogy a 2. sz. tápoldatnál a nagyméretű anyasejtek főként a kimélyített tárgylemezek kultúráiban, az 1. sz. tápoldatnál viszont inkább a sima tárgylemezek tenyészeiben fordultak elő. Az osztódásnak a nagyra nőtt sejteken való bekövetkezése azt jelenti, hogy ott a viszonyok a növekedésre is kedvezőek voltak, a kicsi méretű sejteknél bekövetkező osztódásból viszont arra lehet következtetni, hogy ott a körülmények alakulása elsősorban a fejlődésben való gyors előrehaladást váltotta ki.

6. A *Nautococcus* sejtek az általam eddig megvizsgált mikroszervezetek sejtjei között a leghajlamosabbak voltak a granulálódásra. E granulumok méret, alak és felépítettség szempontjából hasonlítanak az általam korábban (2, 4, 5) hyperfragmentumoknak nevezett testecskékhez. A hyperfragmentumok között kisebb-nagyobb százalékban akadnak olyanok, amelyek növekedésre, szaporodásra és bizonyos mérvű regenerációra képesek. Evvel szemben a *Nautococcus* esetében — bármennyire hajlamosak is e sejtek a granulálódásra — a hyperfragmentumoknak megfelelő méretű részecskék szaporodását vagy regenerációját nem lehetett megállapítani.

7. A granulálódás annak a jele, hogy a környezeti tényezők a sejtre nézve kedvezőtlenekké kezdenek válni. Elsősorban az anyagcseretermékeknek

a táplálóközegeben való felhalmozódása váltja ki a plazmának e jelentős szerkezeti változását. E feltűnő szerkezeti változás mintegy tükrözi az élettani károsodást, a »megviselt« állapotot, de ugyanekkor alkalmazkodást is képviselhet a kedvezőtlenebbé váló környezetbe. Valószínű, hogy az öregedésnek is lehet bizonyos szerepe.

8. A granulálódás megindulása élettani károsodás, de még a teljes bekövetkezése sem jelenti a plazma egészének vagy részeinek a pusztulását. A zöld növényi mikroszervezetek pusztulását a zöld szín elbarnulása kíséri, ez esetben pedig barnulást egyetlen esetben sem lehetett a granulálódással párhuzamosan megfigyelni. A teljesen granulálódott sejtek éppen olyan jól mozogtak, mint a granulátlan plazmájúak. Sőt — mint korábban már említettem — a granulálódás még az osztódásban levő sejteknél is felléphet.

9. A *Nautococcus* sejtek széteséséből származó szétkülönült granulumoknál a regenerációt nem lehetett megfigyelni, de ez még nem okvetlen bizonyítéka annak, hogy bizonyos testecskék közöttük regenerációra nem is képesek. A sikertelen kísérlet nem bizonyít okvetlenül lehetetlenséget. A mesterséges táplálóközegeben való tenyésztés a zöld növényi mikroszervezetek némelyikénél különösen azt jelenti, hogy a szervezetet elválasztjuk azoktól a feltételektől, amelyek között kialakult, vagy amelyekhez már alkalmazkodott. A *Nautococcus* ezek közé a különleges igényű szervezetek közé tartozhat, mert folyamatos szaporítása nem sikerült. Ez az igény még fokozottabb mértékben vonatkozhat a szaporodási képletekre, vagy azok kezdeményeire.

10. A granulumoknak egyazon sejtben észlelhető jelentős méretbeli variálódása felvetheti azt a gondolatot, hogy a *Nautococcus* aplanospóra-szerű képletei egyes granulumok további fejlődéséből is eredhetnek. Láttuk, hogy az aplanospóra méretű testecskéket tartalmazó sejtben többféle kisebb granulum is előfordulhat. Ezt a jelenséget különösen a *Nautococcus*-vízvirágzásainál, azaz természetes viszonyok között lehetett észlelni [6]. Ezt a feltételezést azonban kétségesse teszi az a megfigyelésem, hogy az ún. aplanospórák — akár szabadon voltak már, akár az anyasejtben fejlődőben voltak — olykor feltűnő granuláltságot mutattak. Természetes körülmények között azt is több ízben tapasztaltam, hogy az anyasejtben csak egyetlen aplanospóra maradt, s az is erősen granulálódott állapotban volt. Valószínűbb tehát, hogy a granulumok méretbeli variálódása az aplanospóráknak granulumokká való széteséséből ered.

IRODALOM

- [1] Brunnthaler, J.: *Protococcales*. Pascher's Süßwasserflora 5, 52—205, 1915.
- [2] Kiss, I.: Tovább élő plazmarészecskék képződése a *Scenedesmus* sejtek hyperfragmentációs szétesése révén. *Annal. Biol. Univ. Hung.* II, 429—440, 1954.
- [3] Kiss, I.: Az amitotikus sejtosztódás új formájáról. *Biol. Közlemények* 2, 83—92, 1954.
- [4] Kiss, I.: Egy *Kirchneriella* faj sejtjeinek nagymérvű fragmentációval történő szaporodásáról. *Szegedi Ped. Főiskola Évkönyve* 1, 117—132, 1956.
- [5] Kiss, I.: Das Entstehen von Zellen aus Plasmateilchen pflanzlicher Mikroorganismen. *Acta Biol. Acad. Scienc. Hungaricae* 6, 231—255, 1956.
- [6] Kiss, I.: Vizsgálatok a hazánkban észlelt *Nautococcus*-féléken. *Szegedi Ped. Főiskola Évkönyve* 5, 23—38, 1960.

- [7] Korsikov, O. A.: Визначник прісноводних водоростей української РСР. V. підклас Протококові (Protococcineae) Вакуольні (*Vacuolales*) та Протококові (Protococcales). Видавництво Академії Наук Української РСР, Київ — 1953.
- [8] Pascher, A.: Volvaceales-Phytomonadinac. Pascher's Süßwasserflora 4, 20—256, 1927.

НОВАЯ ФОРМА НЕРАВНОМЕРНОГО ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ И СИЛЬНАЯ ГРАНУЛЯЦИЯ ПЛАЗМЫ У ВИДОВ *NAUTOCOCCUS*

И. Киши

У видов *Nautococcus*, описанных Корсиковым, автор уже несколько раз наблюдал особенную форму неравномерного деления клетки, которую он наименовал шарвым или лопастным делением. Шариковое деление происходит у шариковидных, лопастное у дискообразных клеток. Характерно, что в ходе деления часть плазмы скопляется шарико- или дискообразно на одной стороне материнской клетки и отделяется от ее остальной плазмы вогнутой стенкой; образуются две неравномерные новые клетки. К этому процессу присоединяется и перехват в определенной мере, который наиболее очевидно выражается в поверхностной ложбине материнской клетки (см. рис. 1., а-б-с). Для разведения автор употреблял различные питательные растворы. Часто наблюдались абнормальное деление и грануляция клеток. Автору не удалось наблюдать регенерацию гранул.

NEUE FORM DER INÄQUALEN ZELLTEILUNG UND DES STARKEN GRANULIERENS BEI DEN *NAUTOCOCCUS*-ARTEN

von

I. KISS

Bei den von Korsikov beschriebenen *Nautococcus*-Arten habe ich schon öfters eine eigenartige inäquale Teilung der Zellen beobachtet, die ich kugelschalige oder bogenrundige (mondsichelförmige) Teilung nenne. Die kugelschalige Teilung tritt bei kugelförmigen, die bogenrundige (mondsichelförmige) Teilung bei Scheibenartigen Zellen ein. Es ist charakteristisch, daß sich bei der Zellteilung ein Teil des Plasmas an einer Seite der Mutterzelle kugelschalig oder bogenrundig (mondsichelförmig) ansammelt, und von dem übrigen Plasma der Mutterzelle durch eine konkave Wand absondert. So entstehen zwei ungleiche Tochterzellen. An diesen Vorgang schließt sich auch eine gewisse Einschnürung an, die sich hauptsächlich in der Einbuchtung der Oberfläche der Mutterzelle äußert (z. B. in den Tetraden »a—b—c« des 1. Bildes). Bei der Kultur habe ich verschiedene Nährlösungen verwendet. Die regelwidrige Teilung und die Granulierung der Zellen war häufig. Es war mir nicht möglich, die Regeneration der Granulen zu beobachten.